

⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 38 480 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
H 01 L 33/00
H 01 S 5/323

⑳ Aktenzeichen: 199 38 480.0
㉔ Anmeldetag: 13. 8. 1999
㉕ Offenlegungstag: 2. 3. 2000

DE 199 38 480 A 1

③① Unionspriorität:
10-230599 17. 08. 1998 JP

㉗ Anmelder:
Murata Manufacturing Co., Ltd., Nagaokakyo, JP

㉘ Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

㉚ Erfinder:
Kadota, Michio, Nagaokakyo, Kyoto, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Photonische Halbleitervorrichtung
- ⑤⑦ Eine photonische Halbleitervorrichtung schließt ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat und eine Verbindungshalbleiterschicht, angegeben durch $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (worin $x + y + z = 1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ und $0 \leq z \leq 1$), die auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat ausgebildet ist, ein.

DE 199 38 480 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft photonische Halbleitervorrichtungen und insbesondere photonische Halbleitervorrichtungen, die III-V-Verbindungen, wie GaN, InGaN, GaAlN und In-GaAlN, verwenden.

Als Materialien für photonische Halbleitervorrichtungen, wie lichtemittierende Dioden (LEDs) und Laserdioden (LDs), die blaues Licht oder UV-Licht emittieren, oder Photodioden, die blaues Licht oder UV-Licht erkennen, sind III-V-Verbindungs-Halbleiter, angegeben durch die allgemeine Formel $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (worin $x + y + z = 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $0 \leq z \leq 1$), bekannt. Die Verbindungs-Halbleiter weisen eine hohe Lichtemissionseffizienz auf, da sie vom direkten Übergangs-Typ sind, und Emissionswellenlängen können durch den Gehalt an Indium gesteuert werden, und somit wurden diese Verbindungs-Halbleiter als vielversprechende Materialien für lichtemittierende Vorrichtungen angesehen.

Da es schwierig ist, einen großen Einzelkristall von $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ zu bilden, um einen Kristallfilm davon zu bilden, wird ein sogenanntes "Hetero-Epitaxial-Wachstums-Verfahren" angewandt, bei welchem ein Kristallfilm auf einem Substrat aus einem unterschiedlichen Material gezüchtet wird, und allgemein wird dieser auf einem C-Ebenen-Saphir-Substrat gezüchtet. Allerdings sind C-Ebenen-Saphir-Substrate teuer, und ferner treten aufgrund großer Gitterabweichungen zahlreiche Kristalldefekte bei Fehlordnungsdichten von $10^8/\text{cm}^2$ bis $10^{11}/\text{cm}^2$ in gezüchteten Kristallen auf, und somit ist es nicht möglich, Qualitätskristallfilme mit ausgezeichneter Kristallinität zu erhalten, was ein Problem ist.

Demzufolge wurde, um Gitterabweichungen zu vermindern, wenn $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ auf einem C-Ebenen-Saphir-Substrat gezüchtet wird, und um Kristalle mit wenigen Defekten zu erhalten, ein Verfahren beschrieben, bei welchem eine polykristalline oder amorphe AlN-Pufferschicht oder eine Niedrigtemperatur-Wachstums-GaN-Pufferschicht auf einem C-Ebenen-Saphir-Substrat vorgesehen ist. Zum Beispiel besitzt hexagonales GaN eine Gitterkonstante in der a-Achsen-Richtung (im folgenden als "Gitterkonstante a" bezeichnet) von 3,189 Å, und AlN besitzt eine Gitterkonstante a von 3,1113 Å, welche nahe an derjenigen von GaN liegt. Gemäß dem obenstehenden Verfahren kann ein Kristallfilm mit wenigen Defekten erhalten werden, da die Gitterabweichung zwischen dem C-Ebenen-Saphir-Substrat und der Pufferschicht verringert wird und gleichzeitig die Gitterabweichung zwischen der Pufferschicht und $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ verringert wird. Allerdings wird bei diesem Verfahren, zusätzlich zu dem teuren Saphir-Substrat, die Struktur komplex, was zu einem weiteren Kostenanstieg führt.

Weiterhin wurde ein SiC-Substrat, welches eine geringe Gitterabweichung aufweist, untersucht. Allerdings sind SiC-Substrate viel teurer im Vergleich zu C-Ebenen-Saphir-Substraten (ungefähr 10 mal teurer als C-Ebenen-Substrate), was von Nachteil ist.

Die vorliegende Erfindung kann die vorgenannten technischen Probleme in Zusammenhang mit herkömmlichen Vorrichtungen lösen und eine photonische Halbleitervorrichtung mit einem Hochqualitäts- $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Dünnsfilm auf einem kostengünstigen Quarzsubstrat bereitstellen.

Die photonische Halbleitervorrichtung umfaßt: ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat und eine Verbindungs-Halbleiterschicht, angegeben durch $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (worin $x + y + z = 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $0 \leq z \leq 1$) und gebildet auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat. Es ist bevorzugt, daß die [100 0]-Richtung, die [10 10]-Richtung und die [11 20]-Richtung der $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Schicht im wesentlichen der

[1000]-Richtung, der [10 10]-Richtung bzw. der [11 20]-Richtung des Quarzsubstrats entsprechen. Darüber hinaus kann die photonische Halbleitervorrichtung ferner einen ZnO-Dünnsfilm oder einen AlN-Dünnsfilm zwischen der Verbindungs-Halbleiterschicht und dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat beinhalten.

Für den Zweck der Veranschaulichung der Erfindung werden in den Zeichnungen mehrere Formen gezeigt, die in der vorliegenden Erfindung bevorzugt sind, wobei es sich aber versteht, daß die Erfindung nicht auf die gezeigten exakten Anordnungen und Vorrichtungen beschränkt ist.

Die Fig. 1 ist eine Schnittansicht einer photonischen Halbleitervorrichtung als einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Die Fig. 2A ist ein Diagramm, welches eine Einheitszelle eines Z-geschnittenen Quarzsubstrats zeigt.

Die Fig. 2B ist ein Diagramm, welches eine Einheitszelle von GaN zeigt.

Die Fig. 3 ist ein Diagramm, welches die Kristallstruktur eines auf einem Z-geschnittenen Quarzsubstrat gezüchteten GaN zeigt.

Die Fig. 4 ist eine Schnittansicht einer photonischen Halbleitervorrichtung als einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Die Fig. 5 ist eine Schnittansicht einer photonischen Halbleitervorrichtung als einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Bei einer photonischen Halbleitervorrichtung, die einen Verbindungs-Halbleiter verwendet, angegeben durch $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (worin $x + y + z = 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $0 \leq z \leq 1$) gemäß der vorliegenden Erfindung, wird eine $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{NN}$ -Schicht auf einem Z-geschnittenen Quarzsubstrat ausgebildet.

Ein Verhältnis zwischen der Gitterkonstante a eines Quarzsubstrats hinsichtlich der [1000]-Richtung und der Gitterkonstanten a von $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ hinsichtlich der [1000]-Richtung (d. h. ein Verhältnis zwischen Gitterkonstanten a hinsichtlich der einzelnen [1000]-Richtungen) und ein Verhältnis zwischen dem Abstand der (10 10)-Ebene des Quarzsubstrats und dem Abstand der (10 10)-Ebene von $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (d. h. ein Verhältnis zwischen den Abständen der (10 10)-Ebene hinsichtlich der einzelnen [10 10]-Richtungen) sind im wesentlichen das gleiche integrale Verhältnis. Wenn somit eine $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Schicht auf einem Z-geschnittenen Quarzsubstrat ausgebildet wird, kann die $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Schicht in der c-Achsen-Richtung orientiert werden und es kann eine Qualitäts- $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Schicht mit einer geringen Gitterabweichung erhalten werden.

Durch Verwendung eines Z-geschnittenen Quarzsubstrats kann eine $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Schicht auf einem kostengünstigen Quarzsubstrat ausgebildet werden, und photonische Halbleitervorrichtungen, wie lichtemittierende Dioden und Laserdioden, die blaues Licht oder UV-Licht emittieren, können bei geringen Kosten hergestellt werden.

Bei einer photonischen Halbleitervorrichtung, welche einen Verbindungs-Halbleiter verwendet, angegeben durch $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (worin $x + y + z = 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $0 \leq z \leq 1$) gemäß der vorliegenden Erfindung, wird ein ZnO-Dünnsfilm oder ein AlN-Dünnsfilm auf einem Z-geschnittenen Quarzsubstrat ausgebildet, und eine $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Schicht wird auf dem Dünnsfilm ausgebildet.

Bei einer solchen photonischen Halbleitervorrichtung kann, da der ZnO-Dünnsfilm oder der AlN-Dünnsfilm als eine Pufferschicht auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat ausgebildet wird, die Gitterabweichung des darauf ausgebildeten $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ weiter verringert werden. Damit können photonischen Halbleitervorrichtungen höherer Qualität, wie lichtemittierende Dioden und Laserdioden, die blaues Licht

oder UV-Licht emittieren, hergestellt werden.

Ausführungsform 1

Die Fig. 1 zeigt eine photonische Halbleitervorrichtung 1 als eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie eine lichtemittierende Diode oder eine Oberflächenlichtemittierende Laserdiode, bei welcher eine InGaN-Schicht 5 als eine Lumineszenzschicht fungiert. Bei der photonischen Halbleitervorrichtung 1 wird ein hexagonaler n-GaN-Dünnschicht 3 auf einem Z-geschnittenen Quarzsubstrat 2 ausgebildet, und eine n-AlGaIn-Schicht 4, eine InGaIn-Schicht 5, eine p-AlGaIn-Schicht 6 und eine p-GaN-Schicht 7 werden in dieser Reihenfolge auf der n-GaN-Schicht 3 abgeschieden. Durch Anätzen der n-AlGaIn-Schicht 4, der InGaIn-Schicht 5, der p-AlGaIn-Schicht 6 und der p-GaN-Schicht 7 wird die n-GaN-Schicht 3 teilweise exponiert bzw. freigelegt. Eine obere Elektrode 8 ist auf der p-GaN-Schicht 7 vorgesehen und eine untere Elektrode 9 ist auf der p-GaN-Schicht 3 vorgesehen. Wenn demzufolge ein Gleichstrom zwischen der auf der p-GaN-Schicht 7 vorgesehenen oberen Elektrode 8 und der auf der n-GaN-Schicht 3 vorgesehenen unteren Elektrode 9 angelegt wird, fließt ein elektrischer Strom zwischen der oberen Elektrode 8 und der unteren Elektrode 9. Der elektrische Strom wird in die InGaIn-Schicht 5 von der oberen Elektrode 8 zur Emittierung von Licht injiziert, und das von der InGaIn-Schicht 5 emittierte Licht wird von dem Bereich nach außen emittiert, in welchem die obere Elektrode 8 nicht auf der oberen Oberfläche der p-GaN-Schicht 7 vorgesehen ist.

Gitterkonstanten und der Gitterabstand in Bezug auf ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat und GaN werden als nächstes beschrieben. Wie in Fig. 2B beschrieben, ist in einem hexagonalen GaN-Dünnschicht in Bezug auf eine Gitterkonstante a in der $[1000]$ -Richtung und eine Gitterkonstante b (Gitterkonstante in der b -Achsen-Richtung) in der $[0100]$ -Richtung $a = b = 3,1860 \text{ \AA}$. Hinsichtlich einer Länge m in der $[10\ 10]$ -Richtung und einer Länge n in der $[11\ 20]$ -Richtung ist $m = 2,7592 \text{ \AA}$ und $n = 1,5930 \text{ \AA}$. Da trigonales Quarz eine 6-fache Rotationsachse besitzt, die gleiche wie bei dem hexagonalen System, ist es in ähnlicher Weise für das hexagonale System in Fig. 2A dargelegt, dieselbe Orientierung wird wie in dem hexagonalen System angenommen. Bei dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat ist hinsichtlich einer Gitterkonstanten A (Gitterkonstante in der a -Achsen-Richtung) in der $[1000]$ -Richtung und eine Gitterkonstanten B (Gitterkonstante in der b -Achsen-Richtung) in der $[0100]$ -Richtung $A = B = 4,9131 \text{ \AA}$. In Bezug auf eine Länge M in der $[10\ 10]$ -Richtung und eine Länge N in der $[11\ 20]$ -Richtung ist $M = 4,2549 \text{ \AA}$ und $N = 2,4566 \text{ \AA}$. Daher ist in der $[1000]$ -Richtung und der $[0100]$ -Richtung das Verhältnis der Gitterkonstante A des Z-geschnittenen Quarzsubstrats zu der Gitterkonstante a von GaN durch $A : a$ angegeben und ist im wesentlichen gleich $3 : 2$ (kleines integrales Verhältnis), und in Bezug auf den Abstand der $(10\ 10)$ -Ebene und den Abstand der $(11\ 20)$ -Ebene ist das Verhältnis der Gitterkonstante B des Z-geschnittenen Quarzsubstrats zu der Gitterkonstante b von GaN durch $B : b$ angegeben und entspricht auch im wesentlichen gleich $3 : 2$. Mit anderen Worten, der Abstand der (2000) -Ebene (die Länge des Pfeils: $a/2$) in dem hexagonalen GaN-Dünnschicht ist $1,5930 \text{ \AA}$, was im wesentlichen dem Abstand der (3000) -Ebene (der Länge des Pfeils: $A/3$) in dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat 2 von $1,6377 \text{ \AA}$ entspricht. In ähnlicher Weise ist der Abstand der $(20\ 20)$ -Ebene (die Länge des Pfeils: $m/2$) in dem hexagonalen GaN-Dünnschicht $1,3795 \text{ \AA}$, was im wesentlichen dem Abstand der $(30\ 30)$ -Ebene (der Länge des Pfeils: $M/3$) in dem Z-geschnittenen

Quarzsubstrat 2 von $1,4183 \text{ \AA}$ entspricht. Der Abstand der $(22\ 40)$ -Ebene (die Länge des Pfeils: $n/2$) in GaN ist $0,7965 \text{ \AA}$, was im wesentlichen dem Abstand der $(3\ 3\ 60)$ -Ebene (der Länge des Pfeils: $N/3$) in dem Z-geschnittenen Quarz von $0,8189 \text{ \AA}$ entspricht. Daher stimmt der Abstand der (3000) -Ebene in dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat mit dem Abstand der (2000) -Ebene in dem GaN-Dünnschicht bei einer Fehlerhäufigkeit von 3% oder weniger überein. Der Abstand der $(30\ 30)$ -Ebene in dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat stimmt mit dem Abstand der $(20\ 20)$ -Ebene in dem GaN-Dünnschicht bei einer Fehlerhäufigkeit von 3% oder weniger überein. Der Abstand der $(22\ 40)$ -Ebene in GaN stimmt mit dem Abstand der $(33\ 60)$ -Ebene in dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat bei einer Fehlerhäufigkeit von 3% oder weniger überein.

Daher kann durch Züchten eines hexagonalen GaN-Dünnschicht, der in der c -Achsen-Richtung auf der Z-Ebene des Z-geschnittenen Quarzsubstrats 2 orientiert ist, eine n-GaN-Schicht 3 mit guter Kristallinität wie in Fig. 3 gezeigt erhalten werden. Durch Züchten einer n-AlGaIn-Schicht 4, einer InGaIn-Schicht 5, einer p-AlGaIn-Schicht 6 und einer p-GaN-Schicht 7 auf der n-GaN-Schicht 3 kann eine photonische Halbleitervorrichtung 1, wie eine blaue Diode oder eine UV-Diode, unter Verwendung eines kostengünstigen Quarzsubstrats 2 hergestellt werden.

Ausführungsform 2

Die Fig. 4 ist eine Schnittansicht einer photonischen Halbleitervorrichtung 11 als einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei der photonischen Halbleitervorrichtung 11 wird ein ZnO-Film 12 auf einem Z-geschnittenen Quarzsubstrat 2 ausgebildet, und eine n-GaN-Schicht 3, eine n-AlGaIn-Schicht 4, eine InGaIn-Schicht 5, eine p-AlGaIn-Schicht 6 und eine p-GaN-Schicht 7 werden in dieser Reihenfolge auf den ZnO-Film 12 abgeschieden. Durch Anätzen der n-AlGaIn-Schicht 4, der InGaIn-Schicht 5, der p-AlGaIn-Schicht 6 und der p-GaN-Schicht 7 wird die n-GaN-Schicht 3 teilweise exponiert. Eine obere Elektrode 8 wird auf der p-GaN-Schicht 7 vorgesehen, und eine untere Elektrode 9 wird auf der oberen Oberfläche der n-GaN-Schicht 3 vorgesehen. (Alternativ kann der Widerstand des ZnO-Films 12 durch Dotierungsverunreinigungen verringert werden, und die untere Elektrode 9 kann auf dem ZnO-Film 12 ausgebildet werden.)

Da der hexagonale ZnO-Film 12 eine Gitterkonstante a von $3,24265 \text{ \AA}$ aufweist, welche nahe an der Gitterkonstante von GaN ($3,186 \text{ \AA}$) liegt, kann durch Ausbilden des ZnO-Films 12 als Pufferschicht auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat 2 eine bessere n-GaN-Schicht 3 ausgebildet werden, und somit kann eine bessere lichtemittierende Vorrichtung 11, wie eine blaue oder UV-Diode, hergestellt werden.

Ausführungsform 3

Die Fig. 5 ist eine Schnittansicht einer photonischen Halbleitervorrichtung 13 als noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei der photonischen Halbleitervorrichtung 13 wird ein AlN-Film 14 auf einem Z-geschnittenen Quarzsubstrat 2 ausgebildet, und eine n-GaN-Schicht 3, eine n-AlGaIn-Schicht 4, eine InGaIn-Schicht 5, eine p-AlGaIn-Schicht 6, eine p-GaN-Schicht 7 werden in dieser Reihenfolge auf den AlN-Film 14 abgeschieden. Durch Anätzen der n-AlGaIn-Schicht 4, der InGaIn-Schicht 5, der p-AlGaIn-Schicht 6 und der p-GaN-Schicht 7 wird die n-GaN-Schicht 3 teilweise exponiert. Eine obere Elektrode 8 wird auf der oberen Oberfläche der p-GaN-Schicht 7 vorgesehen und eine untere Elektrode 9

wird auf der oberen Oberfläche der n-GaN-Schicht 3 ausgebildet. (Alternativ kann der Widerstand des AlN-Films 14 durch Dotierungsverunreinigungen verringert werden, und die untere Elektrode 9 kann auf dem AlN-Film 14 ausgebildet werden.)

Da der AlN-Film 14 eine Gitterkonstante von 3,1113 Å besitzt, welche nahe an der Gitterkonstante von GaN (3,186 Å) liegt, kann durch Ausbilden des AlN-Films 14 als einer Pufferschicht auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat 2 eine bessere n-GaN-Schicht 3 ausgebildet werden, und auf diese Weise kann eine bessere lichtemittierende Vorrichtung 13, wie eine blaue oder UV-Diode, hergestellt werden.

Obwohl Vorrichtungen vom Oberflächen-lichtemittierenden Typ als die obenstehend beschriebenen Ausführungsformen dargelegt sind, kann die vorliegende Erfindung selbstverständlich auf eine Laserdiode oder eine lichtemittierende Diode vom Facetten-Emissionstyp angewandt werden.

Während bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben wurden, werden verschiedene Wege zur Durchführung der hierin beschriebenen Prinzipien als innerhalb des Umfangs der nachfolgenden Ansprüche liegend in Betracht gezogen. Daher versteht es sich, daß der Umfang der Erfindung nicht eingeschränkt werden soll, außer wie andernfalls in den Ansprüchen dargelegt.

Patentansprüche

1. Photonische Halbleitervorrichtung, umfassend:

ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat; und
eine Verbindungs-Halbleiterschicht, angegeben durch $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (worin $x + y + z = 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $0 \leq z \leq 1$), gebildet auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat.

2. Photonische Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 1, worin die [1000]-Richtung, die [10 $\bar{1}0$]-Richtung und die [11 $\bar{2}0$]-Richtung der $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ -Schicht im wesentlichen der [1000]-Richtung, der [10 $\bar{1}0$]-Richtung bzw. der [11 $\bar{2}0$]-Richtung des Quarzsubstrates entsprechen.

3. Photonische Halbleitervorrichtung, umfassend:
ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat;
eine Dünn-Film-Pufferschicht aus GaN, ZnO oder AlN, gebildet auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat und

eine Verbindungs-Halbleiterschicht, angegeben durch $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ (worin $x + y + z = 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $0 \leq z \leq 1$), gebildet auf dem ZnO-Dünnsfilm oder dem AlN-Dünnsfilm.

4. Photonische Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 3, worin die Pufferschicht GaN ist.

5. Photonische Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 3, worin die Pufferschicht ZnO ist.

6. Photonische Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 3, worin der Puffer AlN ist.

7. Photonische Vorrichtung, umfassend:

ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat;
einen n-GaN-Dünnsfilm auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat;
eine n-AlGaN-Schicht auf dem n-GaN-Dünnsfilm;
eine InGaN-Schicht auf der n-AlGaN-Schicht;
eine p-AlGaN-Schicht auf der InGaN-Schicht;
eine erste Elektrode auf der p-GaN-Schicht; und
eine zweite Elektrode auf der n-GaN-Schicht.

8. Photonische Vorrichtung, umfassend:

ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat;

ein ZnO-Film auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat;
eine n-GaN-Schicht auf dem ZnO-Film;
eine n-AlGaN-Schicht auf der n-GaN-Schicht;
eine InGaN-Schicht auf der n-AlGaN-Schicht;
eine p-AlGaN-Schicht auf der InGaN-Schicht;
eine p-GaN-Schicht auf der p-AlGaN-Schicht;
eine erste Elektrode auf der p-GaN-Schicht; und
eine zweite Elektrode auf der n-GaN-Schicht.

9. Photonische Vorrichtung, umfassend:

ein Z-geschnittenes Quarzsubstrat;
ein AlN-Film auf dem Z-geschnittenen Quarzsubstrat;
eine n-GaN-Schicht auf dem AlN-Film;
eine n-AlGaN-Schicht auf der n-GaN-Schicht;
eine InGaN-Schicht auf der n-AlGaN-Schicht;
eine p-AlGaN-Schicht auf der InGaN-Schicht;
eine p-GaN-Schicht auf der p-AlGaN-Schicht;
eine erste Elektrode auf der p-GaN-Schicht; und
eine zweite Elektrode auf der n-GaN-Schicht.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

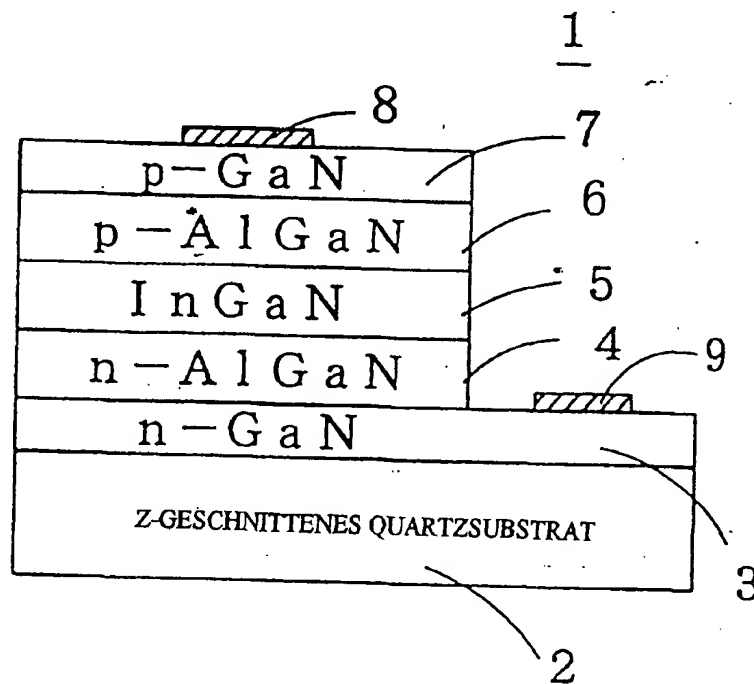


FIG. 2A

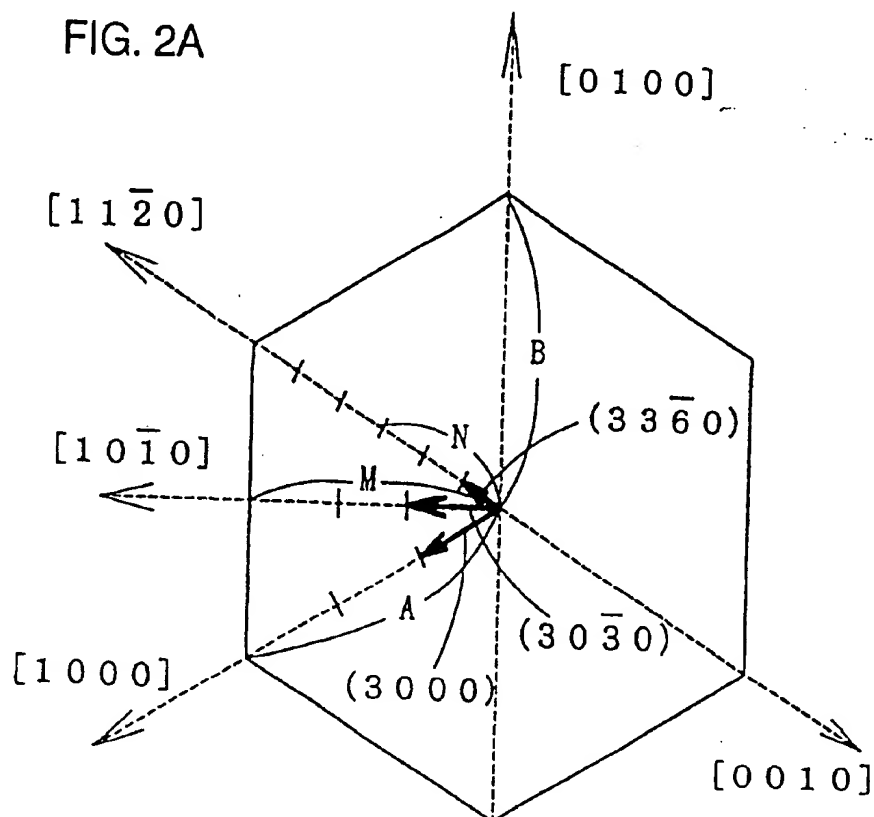


FIG. 2B

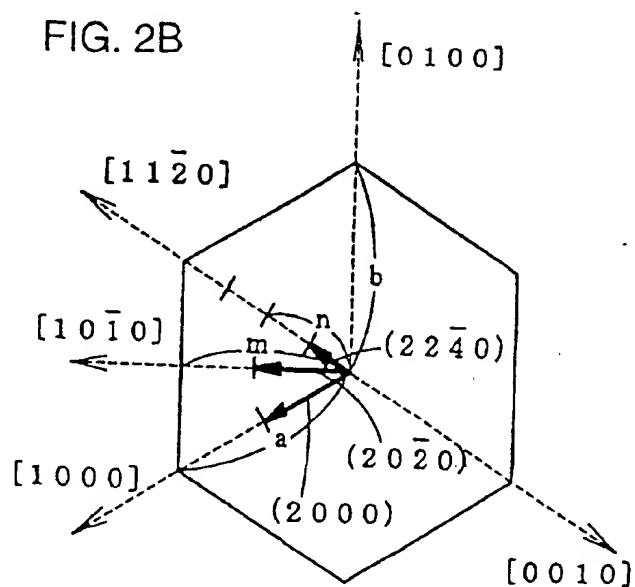


FIG. 3

KRISTALLGITTER
VON QUARTZSUBSTRAT
(Z-EBENE)

KRISTALLGITTER
VON GaN

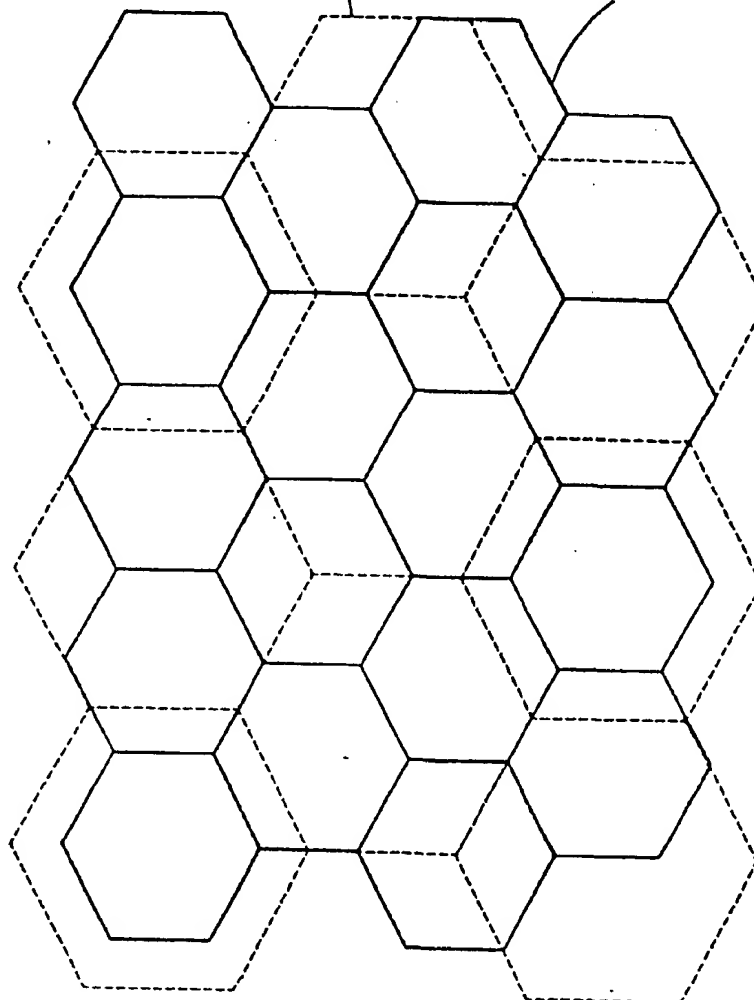


FIG. 4

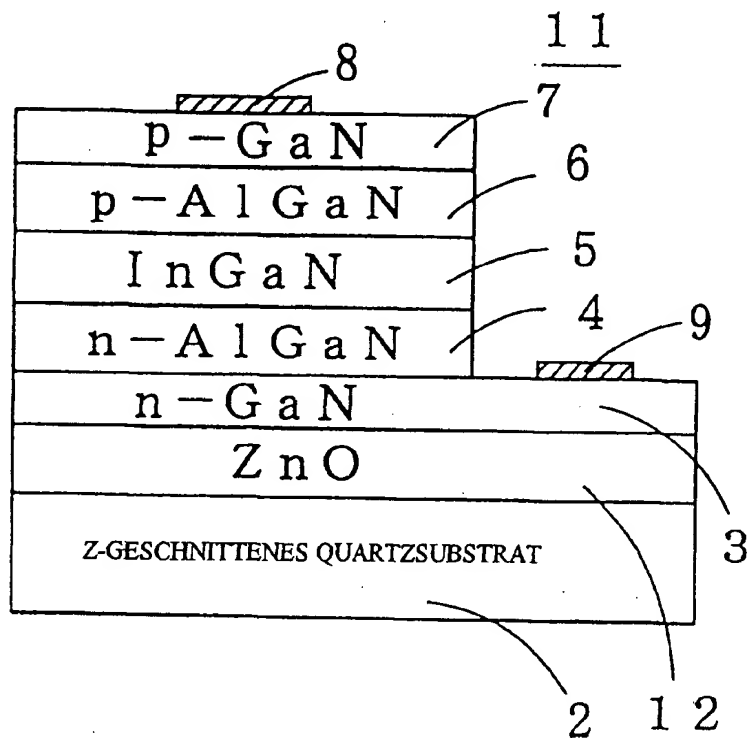


FIG. 5

